

**Magnetocaloric inductor for producing electrical energy**

**Patent number:** DE3732312  
**Publication date:** 1989-04-13  
**Inventor:** MUNK HEINZ (DE); STEPHAN HANS-WILHELM (DE)  
**Applicant:** MUNK HEINZ (DE); STEPHAN HANS WILHELM (DE)  
**Classification:**  
- international: **H02N11/00; H02N11/00;** (IPC1-7): H02N11/00  
- european: H02N11/00B  
**Application number:** DE19873732312 19870925  
**Priority number(s):** DE19873732312 19870925

**Report a data error here**

**Abstract of DE3732312**

The technical problem was to find a magnetic circuit arrangement having permanent-magnet flux which, just like a transistor in a DC circuit, can vary significantly larger currents and voltages by means of a small control current, and in a magnetically analogue manner can produce considerably larger field and flux changes in a magnetic circuit arrangement by means of a small electromagnetic control field and flux. As Figure 1 shows, the implementation has been achieved with the aid of metamagnetic layers 5 which are integrated in the magnetic circuit and have distinct magnetic switch properties. Small control field changes in the control core 10, 3, with the coil 7, weaken or amplify the permanent-magnetic field in the conversion region of the metamagnetic threshold field strength of the layers 5 and lead to large field and flux changes in the yoke core 6 and an induction current excess in the coil 8 during the demagnetisation phase of the yoke core 6, especially when the anti-ferromagnetic stray flux (below the threshold field strength) of the layers 5, with the compensation circuit SK, P, is easily (slightly) overcompensated. The resultant magnetocaloric energy deficit in the magnetic circuit can be covered by low-temperature heat and low-temperature conversion into electrical energy is thus made possible for the first time both on a large scale and on a small scale.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 37 32 312.1  
㉑ Anmeldetag: 25. 9. 87  
㉒ Offenlegungstag: 13. 4. 89

don't need  
copy

Beifügung

DE 3732312 A1

㉗ Anmelder:

Munk, Heinz, 8881 Haunsheim, DE; Stephan,  
Hans-Wilhelm, 8886 Wittlingen, DE

㉘ Erfinder:

gleich Anmelder

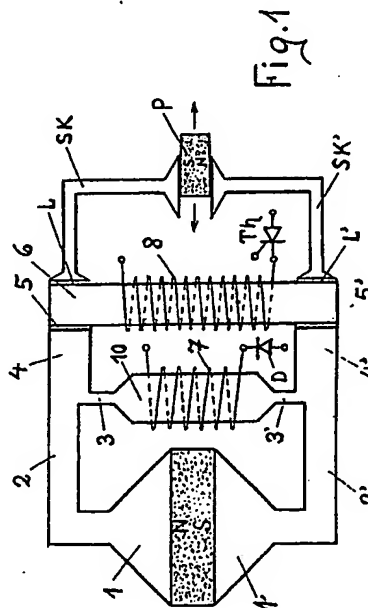
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Magnetokalorischer Induktor zur Erzeugung elektrischer Energie

Das technische Problem war, eine Magnetkreisordnung mit permanentmagnetischem Fluß zu finden, welche, so wie ein Transistor in einem Gleichstromkreis, mit einem kleinen Steuerstrom wesentlich größere Ströme und Spannungen ändern kann, in magnetisch analoger Weise, mit kleinem elektromagnetischem Steuerfeld und Fluß, wesentlich größere Feld- und Flußänderungen in einer Magnetkreisordnung, zu bewirken vermag.

Die Realisierung ist, wie Figur 1 zeigt, mit Hilfe im Magnetkreis integrierter metamagnetischer Schichten 5, mit ausgeprägten magnetischen Schalteneigenschaften, gelungen. Kleine Steuerfeldänderungen des Steuerkerns 10, 3, mit Spule 7, das Permanentmagnetfeld im Umwandlungs- bereich der metamagnetischen Schwellfeldstärke der Schichten 5 schwächend, oder verstärkend, führen zu großen Feld- und Flußänderungen im Jochkern 6 und Induktionsstrom- überschuß in Spule 8 während der Abmagnetisierungsphase des Jochkerns 6, insbesondere wenn der antiferromagnetische Streufluß (unterhalb der Schwellfeldstärke) der Schichten 5, mit einem Kompensationskreis SK, P, leicht überkompensiert wird.

Das entstehende magnetokalorische Energieledefizit im Magnetkreis kann mit Niedertemperaturwärme gedeckt und somit erstmalig klein- und großtechnisch Niedertemperaturumwandlung in elektrische Energie ermöglicht werden.



DE 3732312 A1

1. "Magnetokalorischer Induktor zur Erzeugung elektrischer Energie", dadurch gekennzeichnet, daß er aus ein bis zwei Magnetkreisen (Fig. 1, 2, 5, 6 und 7) mit Permanentmagneten (N-S) und Dynamoblechkernen (1, 2, 4) besteht, welche von Jochblechkernen (6, 6') über ihre gesamte Kernquerschnittsfläche (4, 4', 4a, b, c, d) durch einen mit metamagnetischen Schichten (5, 5') ausgefüllten Luftspalt, getrennt sind. 5
2. Magnetokalorischer Induktor, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die metamagnetischen Schichten (5, 5'), aus dünnen schmalen aufeinanderangeschichteten Blechstreifen einer Mangan-Gold-Legierung (Mn-Au<sub>2</sub>) oder Dysprosium oder beliebigen anderen metamagnetischen Metallen, Legierungen und auch aus metamagnetischen Ferriten, bestehen kann. 10
3. Magnetokalorischer Induktor nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Dynamoblechkern (1, 1') ausgehend von der Polfläche der Permanentmagneten (N-S), zur Erhöhung der Flußdichte im folgenden Kernabschnitt (2, 2', 2a, b, c, d) sich im Querschnitt verjüngen kann. 15
4. Magnetokalorischer Induktor nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß Abzweigungskerne (3, 10, 10', 3') mit Spulen (7, 7') parallel zu den Magnetpolen angeordnet sind, welche luftspaltlos in die Kernabschnitte (4, 4') einmünden (Fig. 1-2). 20
5. Magnetokalorischer Induktor nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß Abzweigungskerne (3, 3' oder 3, 10, 3') mit Spulen (7, 7'), in die gabelartige Verzweigung (2a-2b, oder 2c-2d) des Dynamoblechkernes (1, 1') gleichnamiger magnetischer Polarität, zu Beginn der Blechkernabschnitte (4a-4b, oder 4c-4d) luftspaltlos einmünden (Fig. 5, 6 und 7). 25
6. Magnetokalorischer Induktor nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Jochblechkern (6, 6') mit Spulen (8, 8'), mit oder ohne Mittenanzapfung (M) bewickelt sind (Fig. 1, 2, 5, 6 und 7). 30
7. Magnetokalorischer Induktor nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß nur während der Abmagnetisierungs-Phasen der Jochkerne (6, 6') der elektrische Stromkreis der Jochkernspulen (8, 8') zu einem Verbraucher geschlossen werden darf. 35
8. Magnetokalorischer Induktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß für die Schließung der elektrischen Stromkreise der Jochkernspulen (8, 8'), Thyristoren (Th) verwendet werden, die zum Zeitpunkt der höchsten Magnetisierung der Jochkerne (6, 6'), entweder mit einer regelbaren Phasenanschnittsteuerung, oder mit transistorverstärkten Scheitelspannungswerten magnetfeldabhängiger Bauelemente (15), gezündert werden können. 40
9. Magnetokalorischer Induktor nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetfeldabhängigen Bauelemente (15) Hallsonden, Feldplatten und andere sein können, welche in die metamagnetischen Schichten integriert werden. 45
10. Magnetokalorischer Induktor nach Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetfeldabhängigen Bauelemente (15) mit ihren feldstärkeabhängigen Meßspannungen auch dazu dienen

können, über eine Transistor-Regelschaltung die Drehzahl eines Pumpenmotors zu verändern, zum beschleunigen oder verzögern, der durch die Dynamoblechkern in einem Kreislauf gepumpten, wärmeübertragenden Flüssigkeiten oder Gase, zum Konstanthalten eines metamagnetischen Schwellfeldstärkewertes, vorzugsweise bei Dysprosiumschichten (5, 5').

11. Magnetokalorischer Induktor nach Anspruch 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Dynamobleche der Magnetkreise punktförmige geprägte oder aufgeklebte Erhebungen (13, 14) aufweisen können (Fig. 8), insbesondere aber die Jochblechkern (6, 6').

12. Magnetokalorischer Induktor nach Anspruch 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kernquerschnitts-Verhältnisse der Blechkernabschnitte (2, 2', 2a-b-c-d) zu den in jedem Fall größeren Kernquerschnitten (4, 4', 4a-b-c-d) je nach Sättigungsmagnetisierungswert der gewählten Kernblech-Qualität, so ausgelegt werden, daß die kritische Schwellfeldstärke für die metamagnetische Schicht (5, 5') je nach verwendetem Metamagnetikum, statisch ohne Steuerfeld gerade noch nicht überschritten wird.

13. Magnetokalorischer Induktor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnetkreis über einen Rückschlußkern (9, 9a-b) geschlossen wird.

14. Magnetokalorischer Induktor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die durch Wärmetauscher und Magnetkreise in einem Kreislauf umgepumpten Flüssigkeiten oder Gase, aus fluorierten Kohlenwasserstoffen, Stickstoff, oder anderen für Tieftemperatur-Kreisläufe geeigneten Medien, bestehen kann.

#### Beschreibung

Vorliegende Erfindung ist von grundlegender technischer Bedeutung für die künftige Erzeugung elektrischer Energie, insbesondere wegen der erstmals möglichen magnetokalorischen Umwandlung von Niedertemperatur-Wärme in elektrische Energie!

Die erfindungsgemäßen Induktoren bestehend aus weichmagnetischen Magnetkreisen, mit einem oder mehreren Permanentmagneten, Spulen und metamagnetischen Schichten.

Bei der Erfindung wird die Eigenschaft metamagnetischer Stoffe ausgenutzt, erst beim Überschreiten ihrer kritischen Schwellfeldstärke ferromagnetisch zu leiten und unterhalb dieser Feldstärke antiferromagnetisch zu sein.

Es sind sowohl metamagnetische Metalle wie Dysprosium, als auch Legierungen wie Mangan-Gold (Mn Au<sub>2</sub>), sowie metamagnetische Ferrite bekanntgeworden.

In der Zeitschrift für angewandte Physik, April 1962 Heft 4 wird ausführlich darüber berichtet!

Eine lohnende technische Anwendung wurde aber bisher nicht gefunden.

Mit vorliegender Erfindung ist es gelungen, die feldstärke- oder flußdichte- abhängigen magnetischen Zustandsänderungen der metamagnetischen Stoffe, in besonderen Magnetkreisen, technisch zur elektrischen Stromerzeugung zu nutzen!

Im Wesentlichen bestehen diese Magnetkreise aus Dynamoblechkernen, welche ihren magnetischen Fluß

von einem oder mehreren Permanentmagneten erhalten. Die Magnetkreise weisen außerdem Abzweigungen der Dynamoblechkern auf, in magnetischer Parallel- oder Serienschaltung und sind über metamagnetische Schichten und einem Jochblechkern magnetisch geschlossen.

Auf den Schenkeln der Abzweigungen dieser Dynamoblechkern, wie auch auf dem Jochblechkern, sind Spulen angeordnet.

Die Steuerspulen auf den Abzweigungskernen dienen dazu, je nach zugeführter Stromrichtung elektromagnetisch subtrahierend oder addierend, die von den Permanentmagneten erzeugte Felddichte an den metamagnetischen Schichten zu erniedrigen, oder zu erhöhen.

Hierbei führen schon kleine Felddichteänderungen an der metamagnetischen Schicht, zu großen magnetischen Flußänderungen im Jochblechkern und damit zu großen Induktionen in der Spule auf dem Jochblechkern!

Die Wirkungsweise ist folgende:

Die vom Permanentmagneten gelieferte statische Flußdichte des Dynamoblechkernes, wird durch eine Kernquerschnittsanpassung gegenüber der metamagnetischen Schicht, so eingestellt, daß sie gerade einen Flußdichtewert knapp unterhalb der Schwellfeldstärke der metamagnetischen Schicht aufweist. Nur ein kleiner Streufluß, durch die wie ein Luftspalt wirkende gerade noch antiferromagnetische Schicht, vermag zum Jochblechkern durchzudringen. Wird nun die Felddichte elektromagnetisch durch die Steuerspule geringfügig erhöht, führt dies zu steilem Anstieg der Magnetisierung des Jochblechkernes, weil aus dem antiferromagnetischen Luftspalt, eine magnetisch gut leitende ferromagnetische Schicht geworden ist. Ebenso steil fällt die Magnetisierung der metamagnetischen Schicht und damit des Jochblechkernes bis zum Streuflußminimum wieder ab, wenn die Felddichte auf den Anfangswert zurückgesteuert wird.

Während der Aufmagnetisierungsphase des Jochkernes darf jedoch keine Stromentnahme aus seiner Induktionsspule zugelassen werden, weil die Jochkernspule sonst ein Gegenfeld gleicher Polarität dem Aufmagnetisierungsfeld entgegengesetzt und die zwischen den beiden gleichnamigen Feldern sich befindende metamagnetische Schicht, nicht ferromagnetisch leitend werden kann!

Nur während der Abmagnetisierungsphase ihres Kernes, darf also der Stromkreis der Jochkernspule geschlossen und ein Stromfluß zugelassen werden. Dies erreicht man erfindungsgemäß mit Thyristoren, welche erst auf dem Höhepunkt der Magnetisierung des Jochkernes, gezündet werden. Der richtige Zündzeitpunkt der Thyristoren, — ist sowohl mit einer regelbaren Phasenanschnittsteuerungsschaltung, wie auch mit magnetfeldabhängigen Bauelementen, wie beispielsweise Feldplatten, Hallsonden, welche in die metamagnetische Schicht integriert werden, zu realisieren. Der Scheitelwert der Widerstandsänderung, oder der Hallspannung dieser Bauelemente, kann transistorverstärkt hierbei zum Zünden der Thyristoren, beim Höchstwert der Magnetisierung, dienen!

Würde der Jochkern, ohne Stromentnahme aus seiner Induktionsspule, beispielsweise im 50 Hz Rhythmus auf- und abmagnetisiert, dann steigt die Temperatur des Kernes bei jeder Aufmagnetisierung etwas an und fällt bei der Abmagnetisierung um den gleichen Betrag wieder ab. Dieses Phänomen ist als magnetokalorischer Effekt bekannt!

Wird dem erfindungsgemäßen Jochkern mit seinen

metamagnetischen Schichten, während seiner Abmagnetisierungsphase, mit Hilfe seiner Induktionsspule aber elektrische Energie entzogen, so wird die magnetokalorische Energiebilanz negativ und kann nicht mehr zum Ausgangstemperaturwert zurückkehren.

Die Folge ist bei fortgesetzter zyklischer Wiederholung dieses Vorganges, eine stetige Abkühlung des Jochkernes und damit wegen der Wärmeleitung, auch des gesamten Magnetkreises!

Dieser Wärmeverlust ist leicht durch Zufuhr von Niedertemperatur-Wärme, auszugleichen. Wärme aus der Umgebungsluft, oder der Kaltwasserleitung genügt schon!

Wird Dysprosium als metamagnetische Schicht verwendet, welches mit besonders geringen Steuerfeldänderungen, größtmögliche Flußänderungen erwarten läßt, wegen der Steilheit seiner Magnetisierungskurven beim Überschreiten der Schwellfeldstärken und den sehr hohen Magnetisierungswerten im ferromagnetischen Zustand, so ist es eben erforderlich, den Magnetkreis in eine geeignete Tiefkühlkammer, oder einen Tiefkühlbehälter, einzusetzen. Dem Magnetkreis mit Dysprosiumschichten, einmal zum Start auf tiefe Temperatur gebracht, muß bei fortgesetzter Stromentnahme während der Abmagnetisierungsphasen, sogar dosiert wieder Wärme zugeführt werden, da sonst die kritische Feldstärkeschwelle des Dysprosiums, ständig zu niedrigeren Feldstärkewerten abtrifft und dadurch die auf einen bestimmten günstigen Schwellenwert eingestellte Funktion des Magnetkreises, in Frage stellen würde!

Zur Vermeidung von Wirbelstromverlusten und vor allem, damit keine Kurzschlußwindung entsteht, müssen die metallischen Dysprosium oder Gold-Mangan-Legierungs-Schichten natürlich lamelliert und elektrisch möglichst voneinander wie Dynamoblech isoliert sein.

Es ist einleuchtend, daß die erforderliche elektromagnetische Steuer-Energie, um die bis zur Höhe des metamagnetischen Feldstärke-Schwellenniveaus angestauete permanentmagnetische Feldenergie, nur noch über diese Schwelle zu heben oder wieder zu senken, sehr viel kleiner ist, — als die durch diese kleine Felddichteänderung lawinenartig ausgelöst und gestoppten starken magnetischen Flüsse, an elektrischer Induktionsenergie, während der Abmagnetisierungsphase in der Jochkernspule entstehen lassen!

Aus diesen Gründen entsteht ein magnetokalorisches Energiedefizit, das sich nur durch Abkühlung der Magnetkreise ausgleichen kann.

Die Zeichnungen zeigen Ausführungsbeispiele der Erfindung, sowie die Magnetisierungskurven der für die Erfindung geeigneten metamagnetischen Stoffe!

Die Fig. 1 zeigt einen einfachen erfindungsgemäßen Magnetkreis mit dem Permanentmagneten N-S, dem der Erhöhung der Felddichte dienenden, sich von der Magnetpolfläche aus verjüngenden Dynamoblechkern-Abschnitt — 1, 1', welcher im Stande ist den Blechkern-Abschnitt 2, 2' bis zur magnetischen Sättigung zu magnetisieren, dem Abzweigungskern-Abschnitt 3, 3', welcher sich zum Mittelteil 10 erweitern kann, mit Steuerspule 7 und Diode D, dem Blechkern-Abschnitt 4, 4', welcher der Summe der Querschnitte der Abschnitte 2 und 3, 2' und 3' entsprechen muß, den metamagnetischen Schichten 5, 5', dem Jochblechkern 6 mit Spule 8 und Thyristor Th, sowie dem Streufluß-Kompensierungs-Blechkern SK, SK' mit seinem kleinen Permanentmagneten P und dem Luftspalt L, L'.

Die Wirkungsweise des Magnetkreises ist folgende:

Der vom Permanentmagneten N-S über den Feldverdichtungskern-Abschnitt 1, 1' in die Blechkern-Abschnitte 2, 2' hinein verdichtete magnetische Fluß, wird im statischen Zustand, also ohne Stromzufuhr zur Spule 7, teilweise über den Abzweigungskern 3—10—3' kurzgeschlossen, so, daß in dem Blechkern-Abschnitt 4, 4' wegen seines größeren Querschnittes, über den sich der Restfluß von Querschnitt 2, 2' verteilen muß, nur eine Felddichte knapp unterhalb der Schwellfeldstärke der metamagnetischen Schichten 5, 5', zustande kommt!

Wird nun der Steuerspule 7 ein elektrischer Strom zugeführt, der eine Stromrichtung aufweist, die ein Magnetfeld im Kern 10 erzeugt, das die gleiche Polrichtung wie der Permanentmagnet N-S hat, so addiert sich dieses Feld zum Feld des Permanentmagneten vom Blechkernabschnitt 2, 2' in den Blechkernabschnitt 4, 4' hinein und es kommt zum Durchbruch durch die nun infolge der erhöhten Felddichte ferromagnetisch leitend gewordene metamagnetische Schicht 5, 5' und damit zur Aufmagnetisierung des Jochkernes 6. Im Augenblick der höchsten Magnetisierung des Jochkernes 6 wird nun mit der bekannten Phasenanschnitt-Steuerung der Thyristor *Th* gezündet und damit leitend, so, daß nun in der Abmagnetisierungsphase, während der Steuerstrom in der Spule 7 auf 0 zurückgeht, ein kräftiger Induktionsstrom aus der Jochkernspule 8 entnommen werden kann.

Sobald also das elektromagnetisch erzeugte zusätzliche Feld des Abzweigungskernes 3, 10, 3' nach Abnahme des Stromes seiner Spule 7 auf —0, nicht mehr seinen kleinen, aber unentbehrlichen Beitrag zur Felddichteerhöhung im viel größeren Querschnitt des Kernabschnittes 4, 4' leistet, vermag der bereits magnetisch gesättigte Kernabschnitt 2, 2', insbesondere weil ein Teil seines Flusses sich wieder über dem Abzweigungskern 3—10—3' kurzschließt, nicht mehr die für die Aufrechterhaltung des ferromagnetischen Zustandes der Schicht 5, 5' erforderliche Felddichte, aufzubringen. Der Jochkern 6 magnetisiert sich dadurch von selbst ab.

Der noch verbleibende kleine Streufluß, über die nun antiferromagnetische Schicht 5, 5', kann durch die Kerne *SK*, *SK'* über ihren Luftspalt *L* zum Jochkern 6, mit einem kleinen verschiebbaren Permanentmagneten *P* kompensiert, oder sogar überkompensiert werden.

Die Steuerspule 7 kann über die Diode *D* mit einer Halbwelle eines beliebigen Wechselstromes niederer Frequenz angesteuert werden.

Die Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zwei Magnetkreisen nach Fig. 1, jedoch für Gegentaktbetrieb auf einen einzigen Jochkern 6, wobei der zweite Magnetkreis einen umgekehrt gepolten Permanentmagneten S-N aufweist und seine Steuerspule 7' über die Diode *D'* die andere Halbwelle eines Wechselstromes erhält.

Die Jochkernspule 8 bekommt in diesem Beispiel eine Mittenanzapfung, während die Spulenanschlüssen der Spule 8 über je einen nicht eingezeichneten Thyristor, die Stromentnahme im Gegentaktbetrieb beim jeweiligen Magnetisierungshöhepunkt der beiden Magnetkreise im gemeinsamen Jochblechkern 6 ermöglichen.

An Stelle einer Mitten-Anzapfung *M* der Spule 8 können natürlich auch zwei Jochkernspulen 8, für jede Stromrichtung gesondert, auf dem Jochblechkern 6 angeordnet sein!

Eine Streuflußkompensation ist bei dieser Ausführung nicht erforderlich, da sich die Streuflüsse der beiden entgegengesetzt gepolten Magnetkreise über ihre Schichten 5, 5' in den Jochkernenden, ohnehin aufheben.

Die Fig. 3 zeigt die für den Temperaturbereich zwischen 0°—50° Celsius weitgehend gültige Magnetisierungskurve der metamagnetischen Mangan-Gold-Legierung Mn Au<sub>2</sub>.

Wie ersichtlich steigt die Magnetisierung erst ab etwa 9 Koe Feldstärke steil bis ungefähr 16 Koe an, danach wird der Anstieg flacher. Deshalb lohnt sich auch nur eine maximale magnetische Aussteuerung der Magnetkreise bei Verwendung dieser Legierungsschicht 5, 5' bis 1,6 Tesla, im Bereich des Steilanstieges ihrer Magnetisierung, wie gestrichelt angedeutet!

Eine Dynamoblechqualität mit einer Sättigungsmagnetisierung von 1,6 tesla für die Magnetkreisblechkerne der Erfindung ist ausreichend!

Die Fig. 4 zeigt die Magnetisierungskurven bei verschiedenen Temperaturen des metamagnetischen Selten-Erdmetalles Dysprosium. Obwohl nur bei relativ tiefen Temperaturen metamagnetisch, dürfte dieses Metall wegen seiner hohen Magnetisierungswerte im ferromagnetischen Zustand und der besonders großen Steilheit seiner Magnetisierungskurven nach Überschreitung der Schwellfeldstärken, für die Schichten 5, 5' der Erfindung besonders gut geeignet sein. Sein Nachteil, daß seine Schwellfeldstärkewerte bei Temperaturänderungen davongleiten, dürfte mit thermostatischer Temperaturregelung weitgehend zu stabilisieren sein. Der relativ hohe Preis für Dysprosium oder Gold-Mangan, wirkt sich wegen der geringen benötigten Schichtdicke von Schichten 5, kaum anwendungshindernd aus!

Die Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Magnetkreises, hier wird jedoch anders wie in Fig. 1 oder 2 der Abzweigungskern 3 mit Spule 7 nicht parallel zu den beiden Magnetpolen des Permanentmagneten N-S angeordnet, sondern zwischen den beiden, nach dem Blechkernabschnitt 1 gabelförmig sich verzweigenden Schenkeln der Kernabschnitte 2a, 2b eines der beiden Magnetpole.

Die Summe der Kernquerschnitte 2a + 3 und 2b + 3 ergeben wiederum den Kernquerschnitt der Abschnitte 4a und 4b.

Die statische Felddichte der Kernabschnitte 4a und 4b, bleibt wegen ihres gegenüber den Kernabschnitten 2a und 2b größeren Kernquerschnittes, unter der Schwellfeldstärke der angrenzenden metamagnetischen Schichten 5, 5', wird jedoch der Spule 7 ein elektrischer Strom zugeführt, so erhöht sich je nach Stromrichtung die Felddichte im Kernabschnitt 4a oder 4b, während sich die Felddichte gleichzeitig auf dem jeweils gegenüberliegenden Kernabschnitt 4b oder 4a erniedrigt.

Die statisch gleich hohe Felddichte in den Kernabschnitten 4a und 4b wird also elektromagnetisch durch die Spule 7 mit ihrem Kern 3 aus dem Gleichgewicht gebracht und je nach Stromrichtung im Kernabschnitt 4a oder 4b über die Schwellfeldstärke der Schichten 5 oder 5' hinaus erhöht und die zugehörigen Jochkerne 6 oder 6' aufmagnetisiert.

Wird der Steuerspule 7 Wechselstrom zugeführt, dann wird immer einer der beiden Jochblechkerne 6 oder 6' abwechselnd aufmagnetisiert und der jeweils gegenüberliegende Jochblechkern 6' oder 6 gleichzeitig abmagnetisiert.

Über die Dynamoblechkerne 9a, 9b und 9 wird der Magnetkreis zum anderen Magnetpol des Permanentmagneten S-N geschlossen. Während der jeweiligen Abmagnetisierungsphase der Jochkerne 6, 6' wird wie bei den Beispielen der Fig. 1 und 2, mit phasenanschnitt-gesteuerten Thyristoren *Th*, beim jeweiligen Magnetisierungshöhepunkt abwechselnd Strom aus den beiden

Spulen 8 und 8' entnommen.

Grundsätzlich sind bei 2 Jochkernen 6 und 6' auch je 2 metamagnetische Schichten 5, 5' notwendig!

Die Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, ein Magnetkreis mit gegenüber der Fig. 5 zweipoliger Verschiebung des statischen Felddichte-gleichgewichts, hierbei werden beide Pole N und S der Permanentmagneten S-N und N-S gabelförmig nach dem Verdichtungskern-Abschnitt 1, 1' in zwei Kernhälften 2a, 2b und 2c, 2d aufgeteilt.

Zwischen den gabelförmigen Kernhälften 2a, 2b und 2c, 2d befinden sich die Steuerkerne 3 und 3', mit ihren Steuerspulen 7 und 7'. Wird den Steuerspulen 7, 7' ein Wechselstrom zugeführt, dessen Stromrichtung das statische magnetische Felddichte-Gleichgewicht abwechselnd zu gunsten der Kernabschnitte 4a-4c und 4b-4d verschiebt, so werden ebenfalls die Jochkerne 6 und 6' im Gegentakt auf- und abmagnetisiert.

In diesem Ausführungsbeispiel sind zur Zündung der beiden Thyristoren Th, zur Stromentnahme aus den Jochkernspulen 8, 8' beim jeweiligen Magnetisierungshöhepunkt der Jochkerne 6, 6', magnetfeldabhängige Bauelemente 15 vorgesehen, welche in die metamagnetischen Schichten 5, 5' integriert sind.

Über den Rückschlußkern 9 wird der Magnetkreis geschlossen!

Die Fig. 7 zeigt noch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Magnetkreises, das sich von der Fig. 6 besonders dadurch unterscheidet, daß die Felddichteverschiebung der beiden, in zwei gabelförmige Kernhälften 2a, 2b und 2c, 2d aufgeteilten magnetischen Flüsse entgegengesetzter Polarität, auf einen einzigen Jochkern 6 erfolgt. Dazu bekommen die beiden Steuerspulen 7 und 7' Wechselstromrichtungen zugeführt, welche die Felddichte abwechselnd in den jeweils diagonal gegenüberliegenden Kernabschnitten 4a-4d oder 4c-4b erhöht und damit gleichzeitig auf den beiden anderen diagonalen Kernabschnitten 4c-4b oder 4a-4d die Felddichte erniedrigt!

Der Jochkern 6 wird auf diese Weise abwechselnd in beiden möglichen Polarisationsrichtungen auf- und abmagnetisiert.

Die Jochkernspule 8 erhält deshalb eine Mittenanzapfung M, während die Anschlußenden der Spule 8 je einen für die Erfindung üblichen Thyristor, für eine Gegentaktstromentnahme während der Abmagnetisierungsphasen des Jochkernes 6 aufweisen können. Die Steuerspulen 7, 7' können wie bei Fig. 1 oder 2 auch auf im Querschnitt vergrößerten Kernen 10, 10' angeordnet sein, müssen aber mit den verjüngten kleineren Kernquerschnitten 3, 3' in die Kernabschnitte 4a-4b und 4c-4d einmünden.

Die Fig. 8 zeigt ein erfindungsgemäßes Dynamoblech im Querschnitt, welches punktförmige Erhebungen 13, 14 aufweist, die mittels Prägung 13 in die Bleche eingedrückt, oder eingewalzt werden können, oder auch aus kleinen aufgeklebten Kunststoffplättchen 14, oder ähnlichem bestehen können.

Diese punktförmigen Erhebungen 13 oder 14 auf den Dynamoblechen dienen dazu, minimale Abstände der Bleche zueinander zu schaffen, um geeignete wärmeabgebende flüssige, oder gasförmige Medien, durch die Blechstapel der Magnetkreiskerne hindurchströmen zu lassen. Insbesondere bei der Verwendung von Dysprosium als metamagnetische Schicht 5, 5', muß ein ständiger Kreislauf von flüssigem oder gasförmigem Medium durch die Blechkerne hindurch, zum großflächigen Wärmeübergang, stattfinden.

Mit Hilfe der in den Schichten 5, 5' integrierten magnetfeldabhängigen Bauelemente 15 ist es erfindungsgemäß auch möglich, ununterbrochen den Schwellfeldstärkewert messend zu überwachen. Der momentane Meßwert der Hallsonde oder Feldplatte kann dann dazu dienen, mit einer empfindlichen Transistorregelschaltung einen einmal eingestellten Schwellfeldstärkesollwert damit nahezu konstant zu halten, indem diese Regelschaltung die Drehzahl des Pumpenmotors für den Medienkreislauf bei jeder kleinen Abweichung entsprechend erhöht, oder erniedrigt und damit die Wärmezufuhr zum Magnetkreiskern beschleunigt, oder verzögert. Bei zu rascher Wärmezufuhr wandet der kritische Feldstärke-Schwellwert des Dysprosiums zu höheren, bei zu langsamer Wärmezufuhr zu niedrigeren Feldstärkewerten hin.

Die flüssigen oder gasförmigen Medien können aus fluorierten Kohlenwasserstoffen, Stickstoff und anderen für Tiefkühlaggregate verwendeten Stoffe bestehen. Die umzuwandelnde Niedertemperatur-Wärme in den Magnetkreisen zu elektrischer Energie, muß unter Umständen über mehrere Wärmetauscherstufen und Kreisläufen, den bei sehr tiefer Temperatur mit Dysprosium arbeitenden Magnetkreissystemen zugeführt werden. Mit zwei doppelten Magnet-Kreisen wie Fig. 2, 6 und 7, wovon ein doppelter um 90° phasenverschoben mit Wechselstrom angesteuert wird, ist eine volle Wechselstromwelle realisierbar!

ORIGINAL INSPECTED

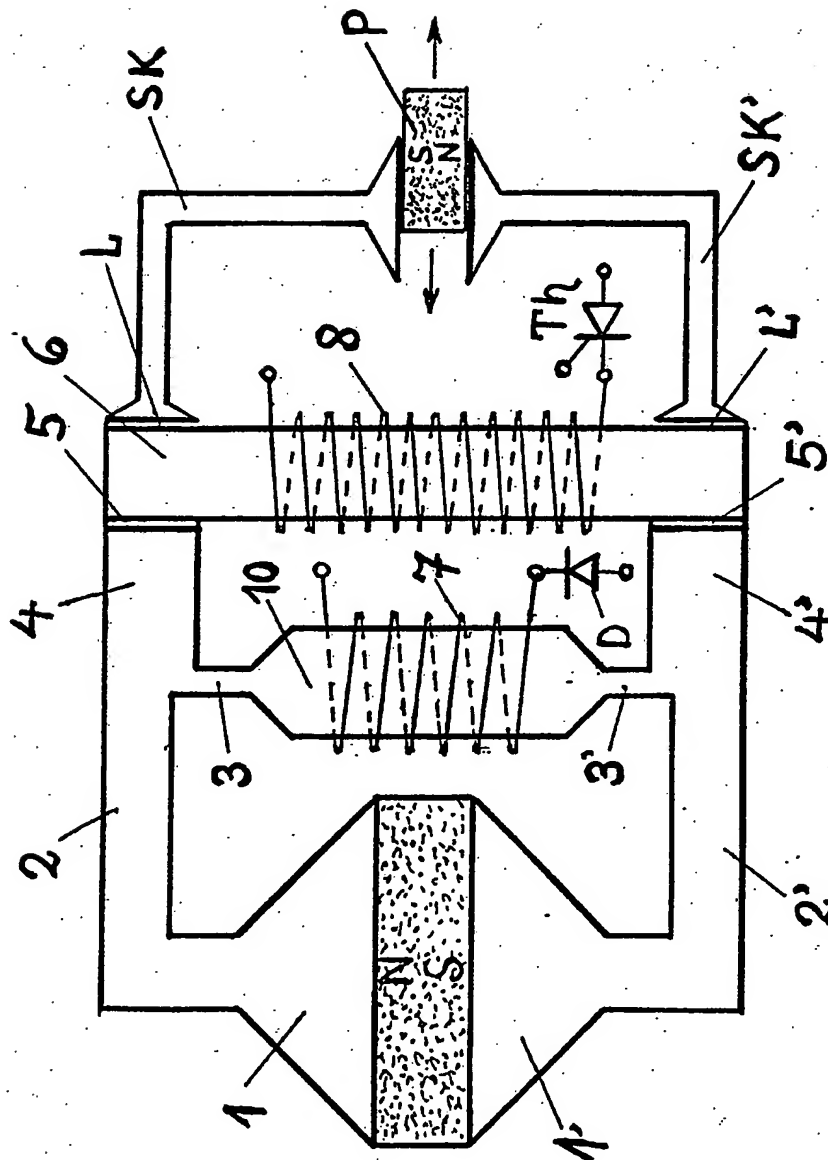
- Leerseite -



**Nummer:** .....  
**Int. Cl.4:** .....  
**Anmeldetag:** .....  
**Offenlegungstag:** .....

37 32 312  
H 02 N 11/00  
25. September 1987  
13. April 1989

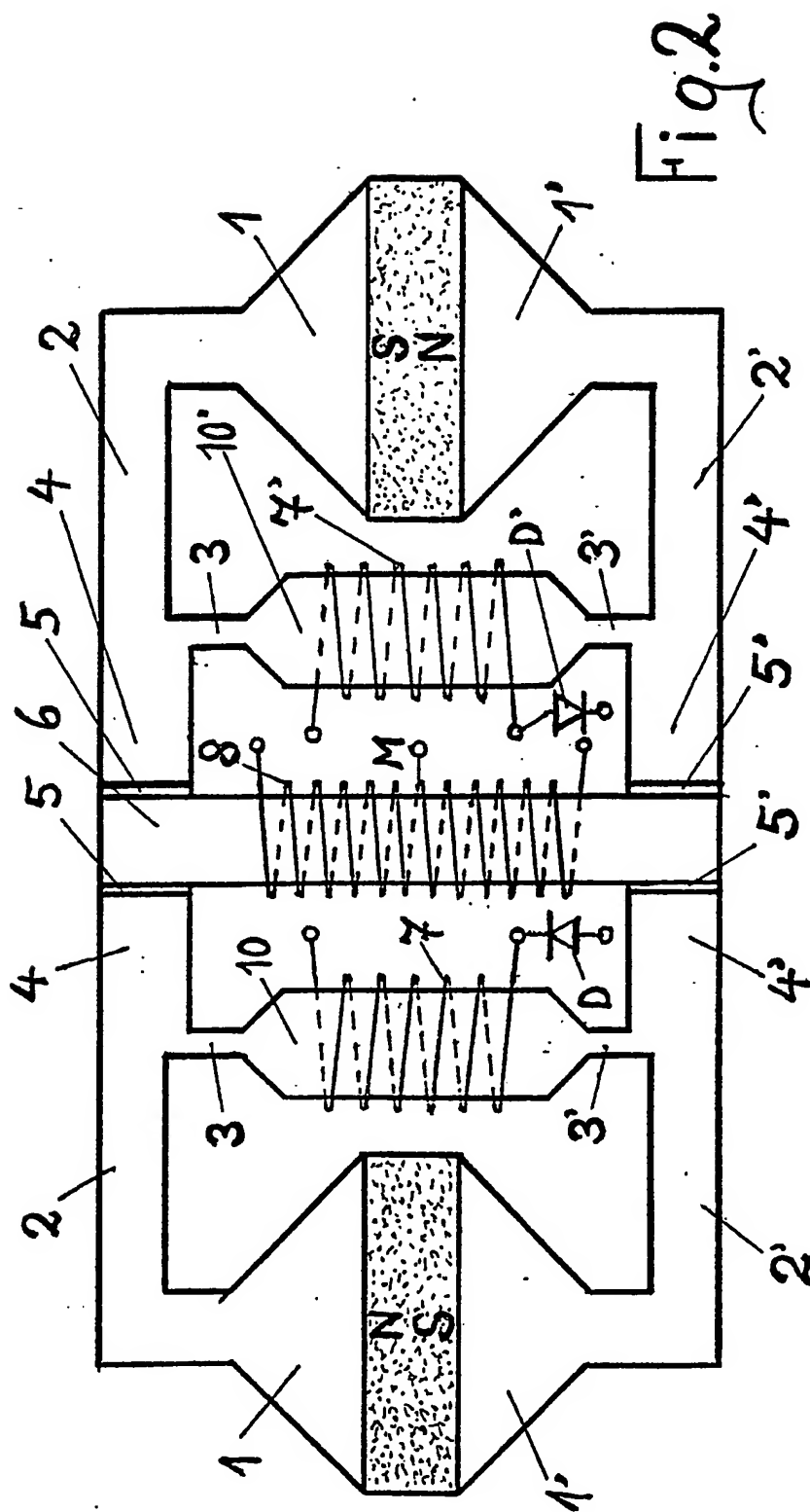
Fig. 1



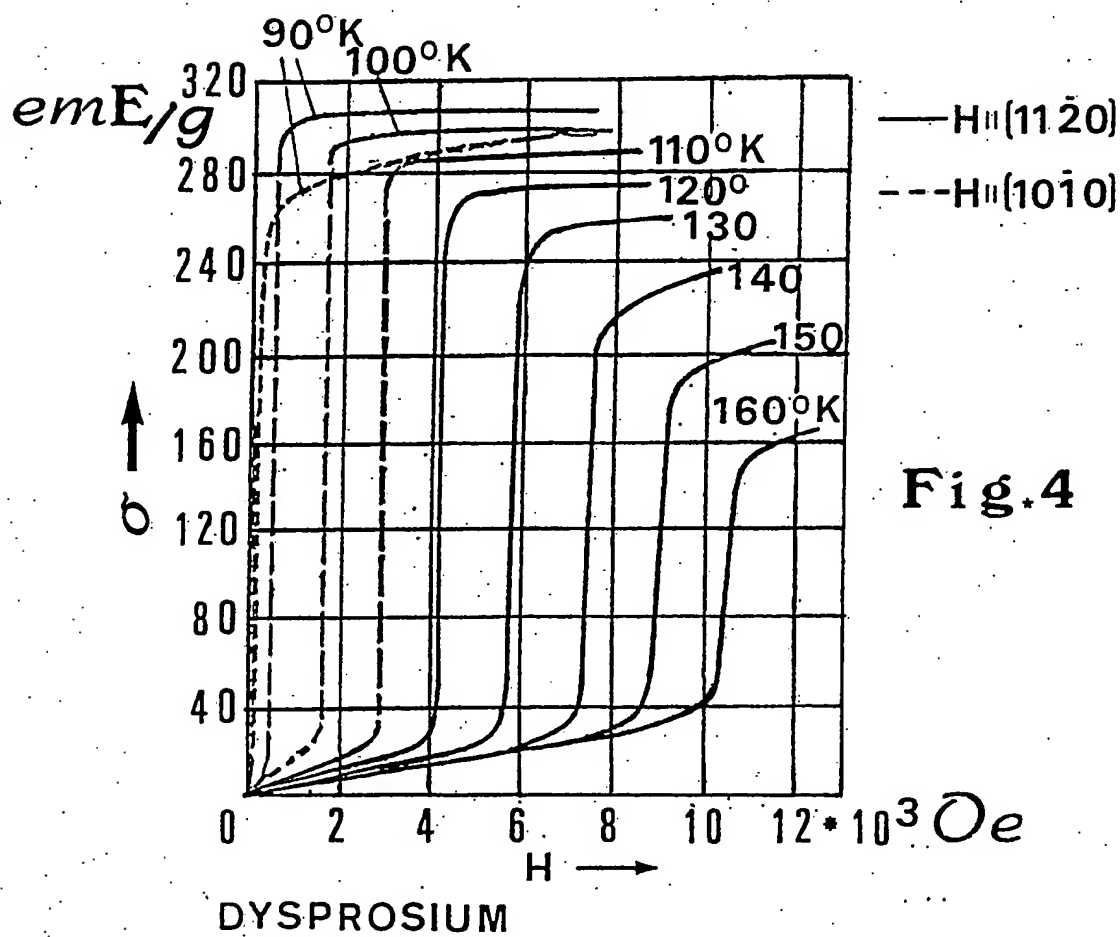
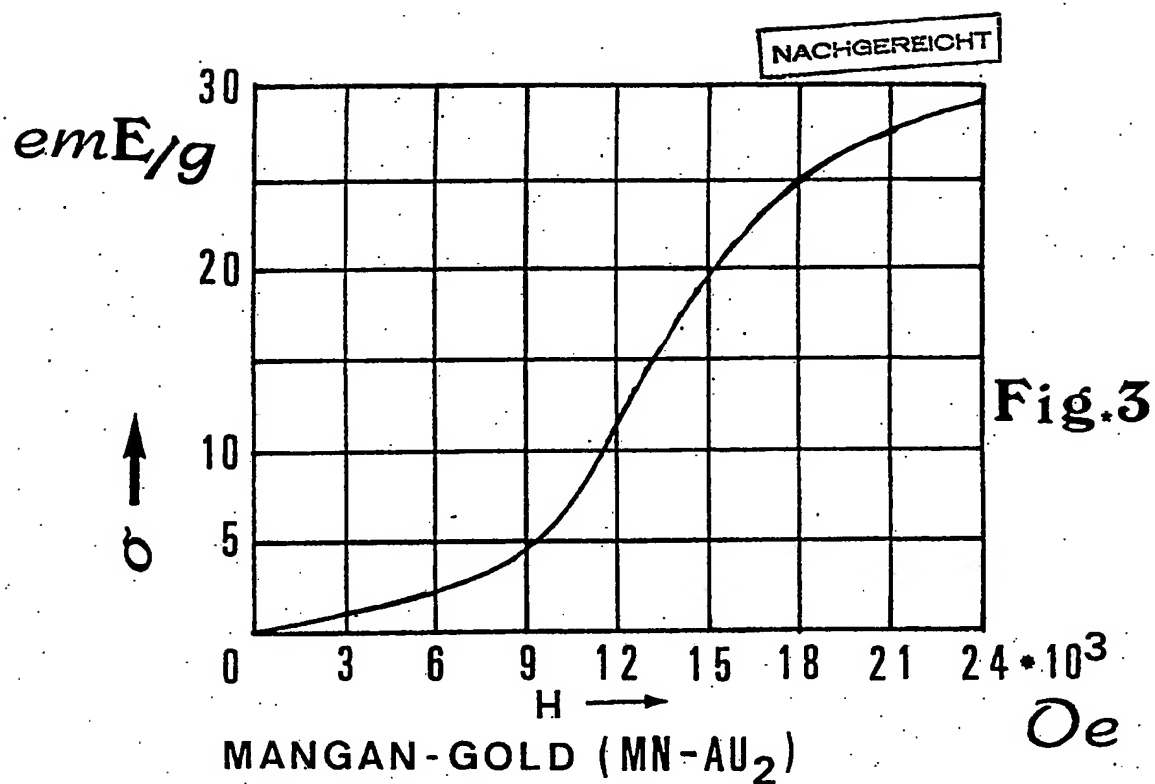
ORIGINAL INSPECTED



3732312

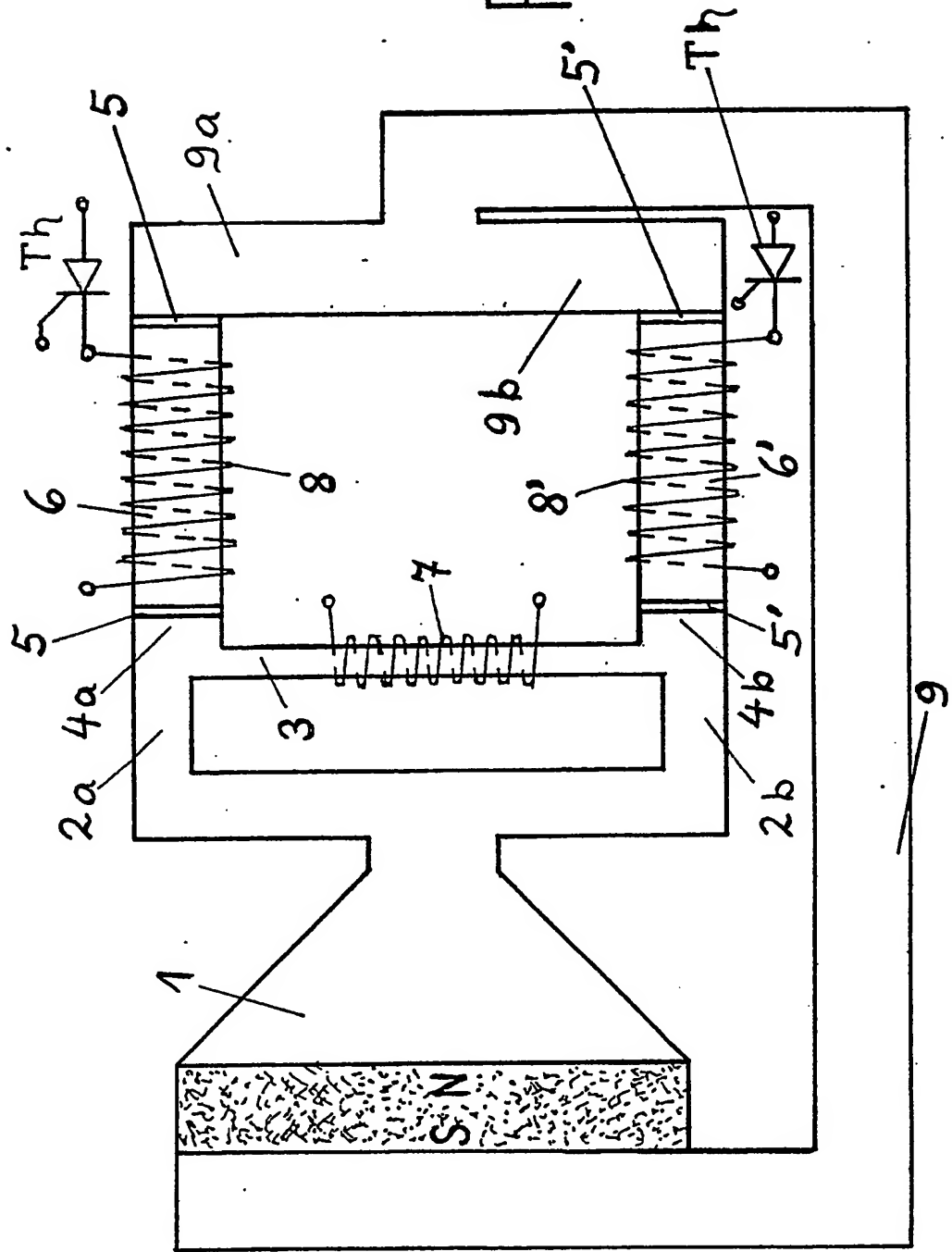


ORIGINAL INSPECTED



3732312

Fig. 5



ORIGINAL INSPECTED

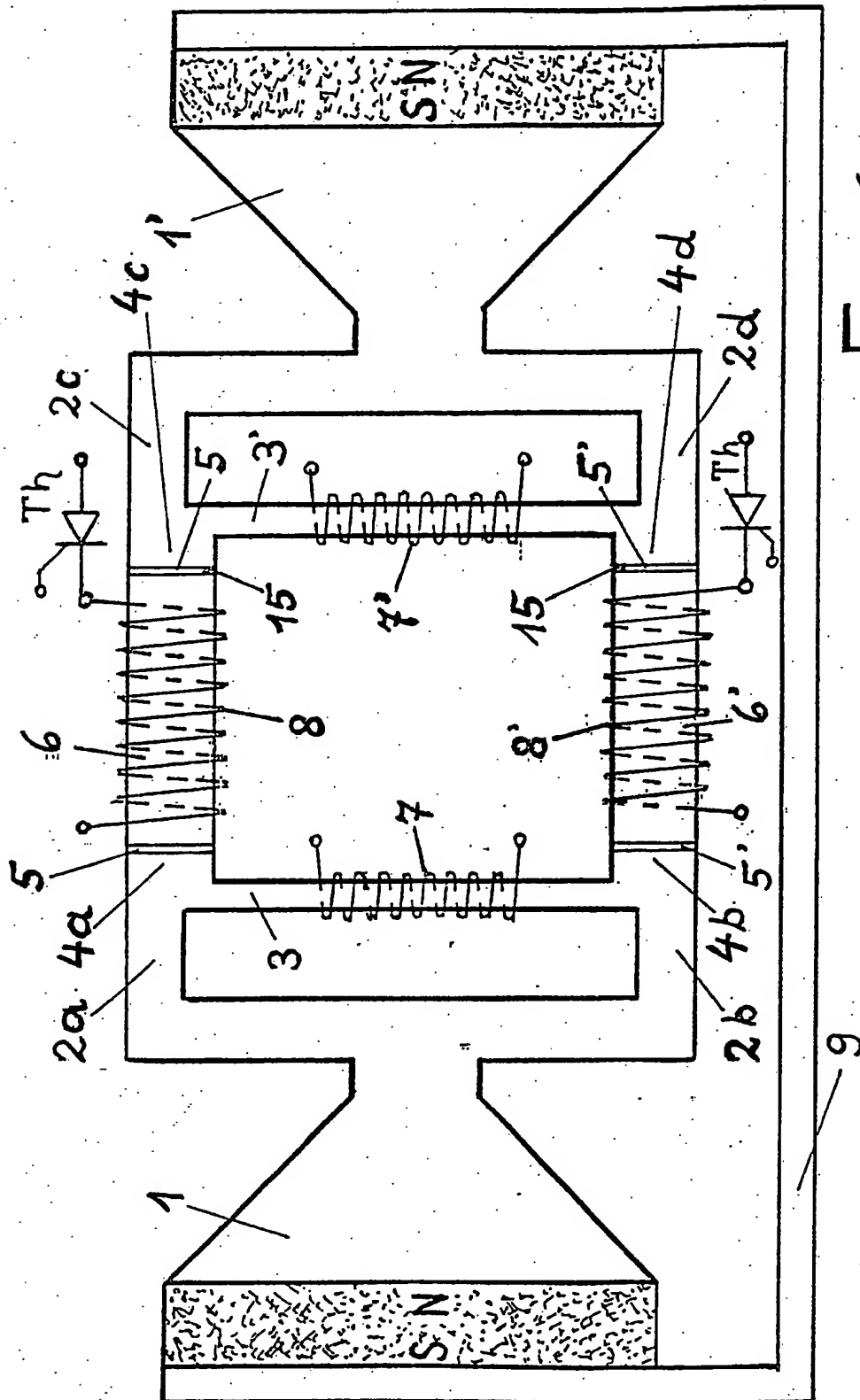


Fig. 6

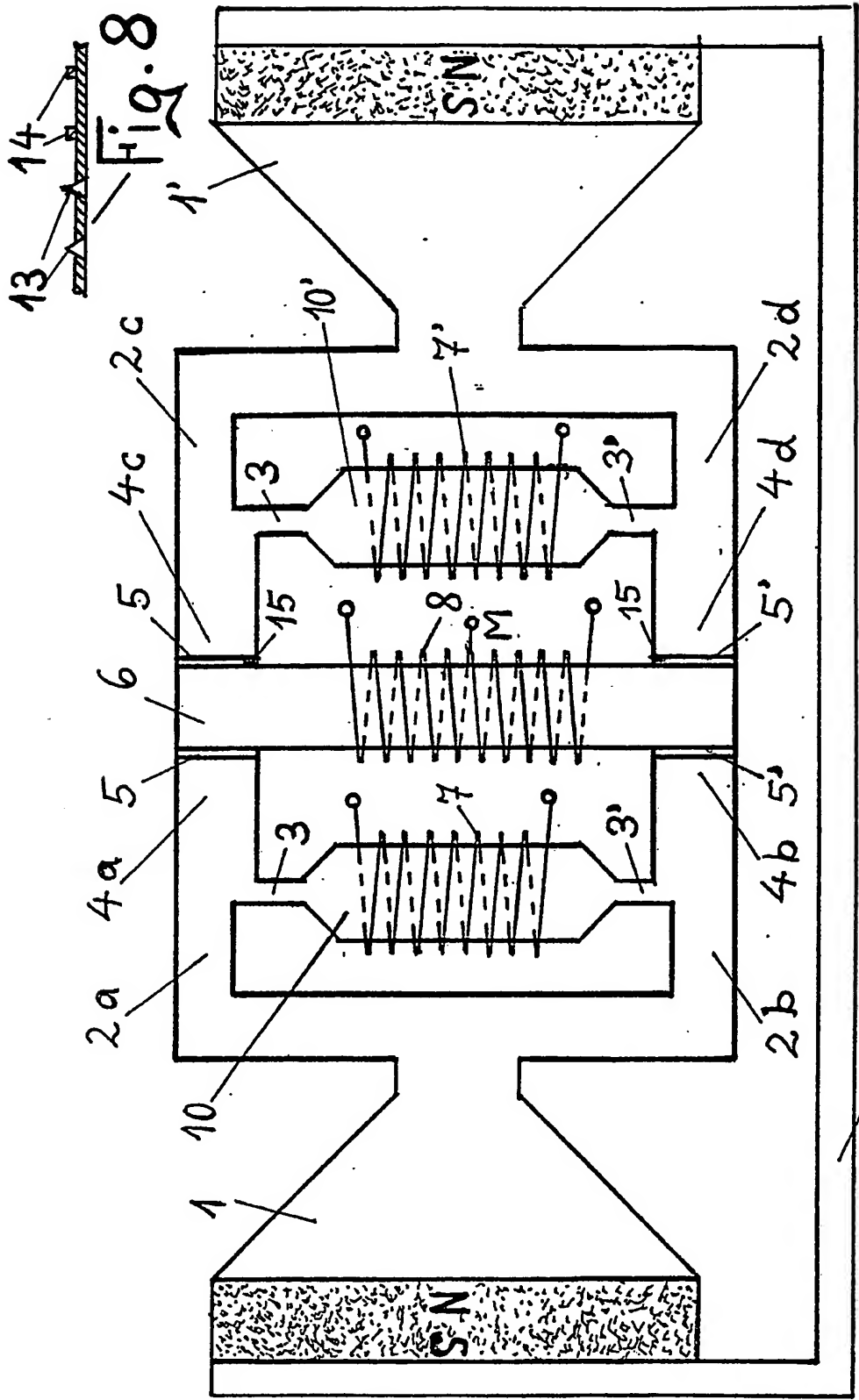


Fig. 7

ORIGINAL INSPECTED

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**